

УДК 621.31:629.78

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИМПУЛЬСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Пост С.С.

Научный руководитель – профессор Краснобаев Ю.В.

Сибирский федеральный университет

Импульсные стабилизаторы напряжения (ИСН) широко применяются в различных электронных системах, например, в автономных системах электропитания (СЭП). Они обеспечивают достижение столь противоречивых требований, как высокие удельные характеристики и высокое качество электроэнергии на выходе СЭП.

Энергетические характеристики ИСН, такие как КПД, минимальное возможное напряжение между входом и выходом ИСН в значительной мере определяет выполнение энергобаланса в СЭП и срок её функционирования.

Для проведения анализа энергетических процессов в автономных СЭП в настоящее время целесообразно использовать методы компьютерного имитационного моделирования. Это позволяет оценить:

- обеспечение энергобаланса в автономных СЭП при известных энергетических характеристиках основных и буферных источников энергии и временной диаграмме энергопотребления со стороны нагрузки;
- влияние энергетических характеристик ИСН на обеспечение энергобаланса в системе в условиях деградационных изменений энергетических характеристик основных и буферных источников.

Для проведения анализа необходимо разработать энергетическую модель импульсного стабилизатора напряжения, логика функционирования которого должна соответствовать логике функционирования реального ИСН, входящего в состав СЭП, а именно:

- обеспечение стабилизации выходного напряжения в номинальных режимах работы;
- обеспечение ограничения выходного тока на заданном уровне при перегрузке с соответствующим понижением выходного напряжения;
- прерывание процесса стабилизации выходного напряжения при снижении входного напряжения ниже уровня напряжения стабилизации;
- изменение КПД в функции отношения выходного напряжения к входному и в функции изменения мощности нагрузки.

В модели должна быть предусмотрена возможность изменения уровня напряжения стабилизации, точности его поддержания, уровня тока ограничения и отклонения выходного тока от заданного в режиме тока ограничения.

Поставленную задачу можно решить 2 методами – прямым и экономичным. В первом случае исследуется модель ИСН состоящая из аналоговых элементов – конденсаторов, дросселей, ключей и т.п. Однако расчет процессов в этом случае может растянуться на несколько десятков часов, что делает модель непригодной для анализа энергетических процессов, занимающих значительные временные интервалы. Поэтому целесообразно разработать энергетические модели ИСН, состоящие преимущественно из функциональных блоков и не учитывающие импульсный

характер преобразования энергии в ИСН, что позволяет существенно снизить затраты времени при исследовании.

На рисунке 1 изображена модель понижающего стабилизатора напряжения, выполненная в пакете OrCAD с использованием функциональных блоков.

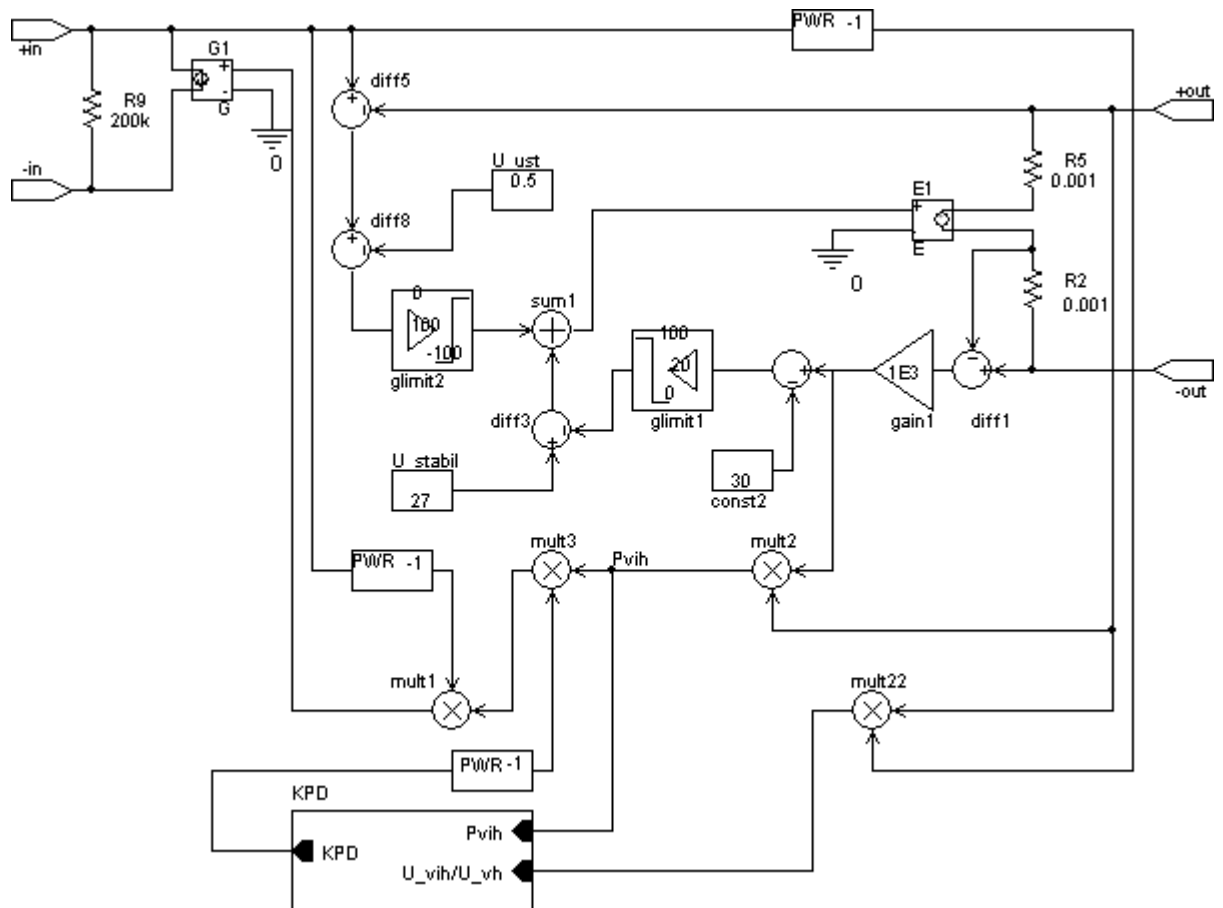


Рисунок 1 – энергетическая модель ИСН

Модель ИСН состоит из входной (рисунок 2) и выходной (рисунок 3) цепей, функционального преобразователя коэффициента полезного действия KPD (рисунок 4) и схемы управления.

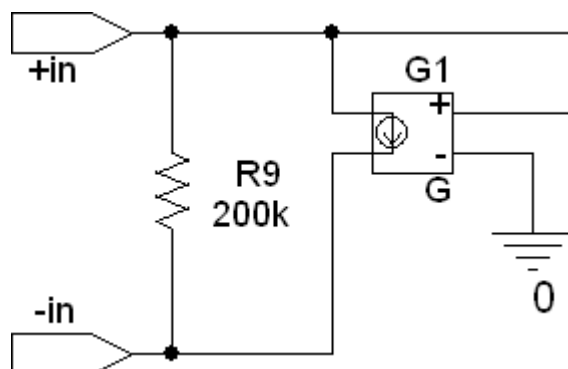


Рисунок 2 – входная цепь модели ИСН

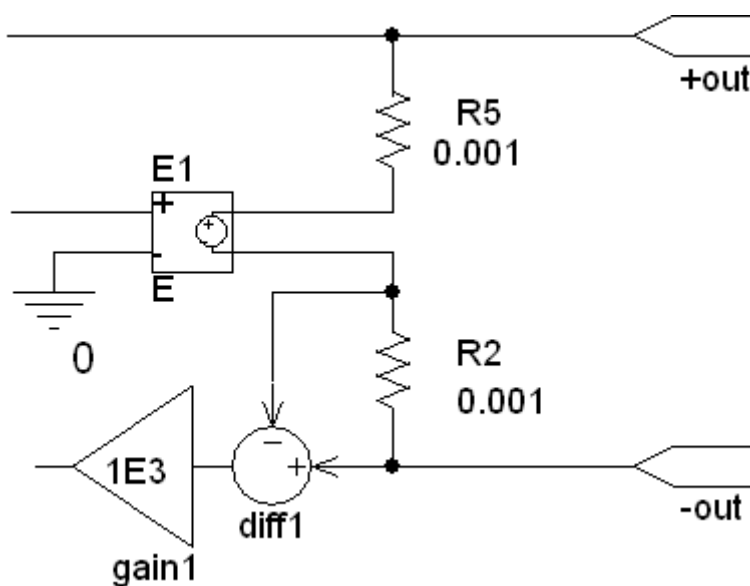


Рисунок 3 – Выходная цепь модели ИСН

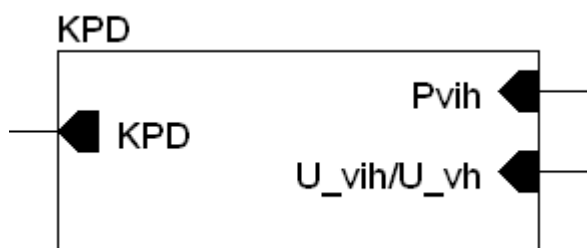


Рисунок 4 – функциональный преобразователь КПД

К входным портам модели ИСН +in и –in подключается источник входного сигнала. Сумматоры diff5 и diff8 и усилитель-жесткий ограничитель glimit2 предназначены для сравнения величины входного сигнала с величиной напряжения стабилизации (U_{stabil}). Если величина входного напряжения превышает значение U_{stabil} больше, чем на величину, задаваемую блоком U_{ust} , на выходе модели ИСН устанавливается сигнал, равный величине U_{stabil} . В противном случае уровень напряжения на выходе схемы будет определяться по формуле $U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} - U_{\text{ust}}$.

Датчик тока, состоящий из резистора R2, сумматора diff1 и усилителя gain1 предназначен для определения величины тока в выходной цепи +E1, R5, R_{нагр} (нагрузка подключается к выходным портам +out и –out), R2, -E1. Величины $U_{\text{ââ õ}}, I_{\text{ââ õ}}$ подаются на перемножитель mult2, рассчитывающий мощность выходной цепи P_{vih}.

Функциональный преобразователь рассчитывает величину КПД модели ИСН. Значение КПД определяется в виде функции $\eta = f(U_{\text{ââ}}, U_{\text{ââ õ}}, P_{\text{ââ õ}})$. Входными сигналами для иерархического блока KPD являются мощность нагрузки (вход P_{vih}) и величина, равная отношению выходного и входного напряжения (вход $U_{\text{vih}}/U_{\text{vh}}$). Выходное значение KPD функционального преобразователя – это коэффициент полезного действия всей модели ИСН.

На перемножитель mult3 подаются сигналы KPD и P_{vih}. На перемножителе mult3 рассчитывается входная мощность P_{vh} модели ИСН. Далее величина P_{vh} подаётся на перемножитель mult1; на него же подаётся величина $1/U_{\text{ââ}}$. Величина с выхода перемножителя подаётся на ИТУТ G1, который определяет входной ток

модели ИСН. Ограничение выходного тока осуществляется с помощью блоков const2 и glimit1. Если величина выходного тока превысит величину, задаваемую блоком const2, напряжение на выходе модели будет линейно снижаться.

Тестирование модели проведено в двух режимах — в режиме стабилизации выходного напряжения и режиме прерывания стабилизации выходного напряжения при снижении выходного напряжения при уменьшении входного напряжения ниже уровня напряжения стабилизации.

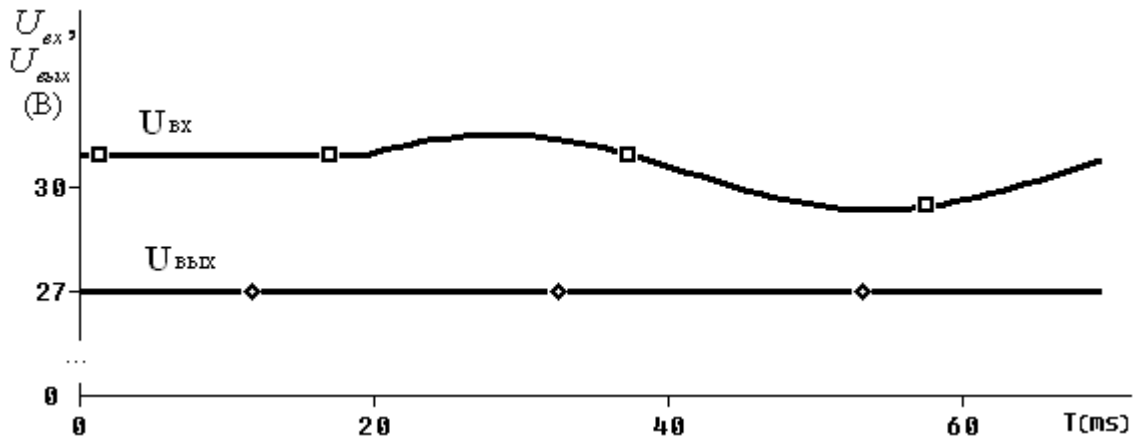


Рисунок 5 – Временная диаграмма режима стабилизации выходного напряжения

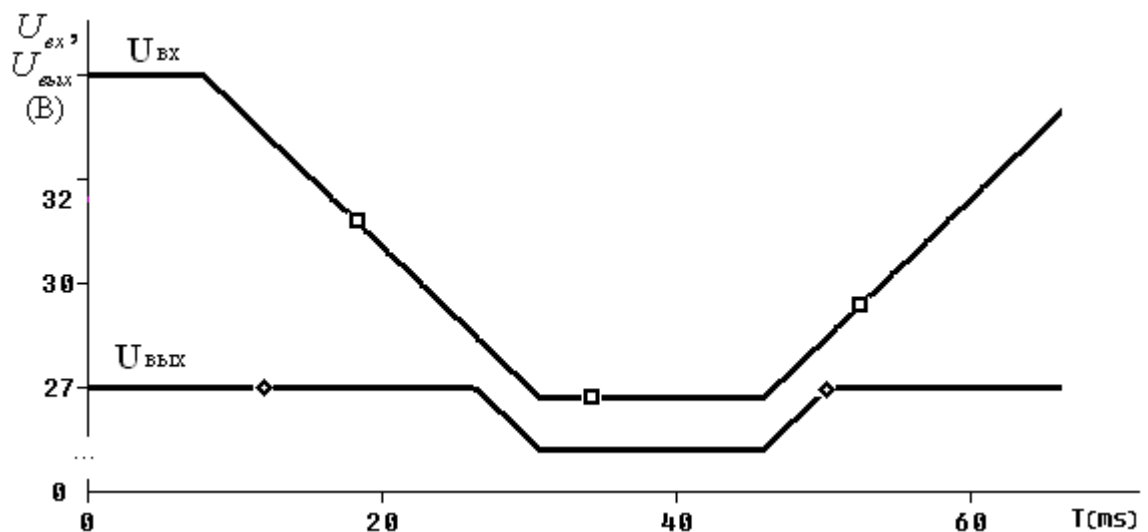


Рисунок 6 - Временная диаграмма режима стабилизации выходного напряжения с демонстрацией снижения выходного напряжения при уменьшении входного напряжения

В ходе создания данного доклада разработана модель импульсного стабилизатора напряжений в программном пакете автоматизированного проектирования OrCAD, также было проведено тестирование её адекватности.

В ходе тестирования модели ИСН подтверждена её работоспособность и проверено соответствие логики функционирования модели и реального ИСН.